

ANÁLISE DA DINÂMICA CLIMÁTICA ASSOCIADA A ZONAS POTENCIAIS DE INUNDAÇÃO ENQUANTO FATORES CONDICIONANTES DAS CHEIAS OCORRIDAS EM JULHO DE 2011 NA BACIA DO RIO GOIANA, ESTADO DE PERNAMBUCO

Larissa Monteiro Rafael

Doutoranda em Geografia - Departamento de Ciências Geográficas da UFPE
llarissarafeall@gmail.com

Manuella Vieira Barbosa Neto

Doutoranda em Geografia - Departamento de Ciências Geográficas da UFPE
Profa. MSc. do IFPE
manuveirabn@yahoo.com.br

Oswaldo Girão

Prof. Dr. do Departamento de Ciências Geográficas da UFPE
osgirao@gmail.com

Ranyére Silva Nóbrega

Prof. Dr. do Departamento de Ciências Geográficas da UFPE
ranyere.nobrega@yahoo.com.br

RESUMO

O trabalho objetiva discutir o evento climático ocorrido em julho de 2011, associado ao perigo de inundação da bacia do rio Goiana, Zona da Mata Norte de Pernambuco e verificar seus reflexos na esfera socioeconômica local. Foi investigada (1) gênese, maturação e dissipação dos sistemas meteorológicos atuantes durante o evento climático através de informações disponibilizadas pelo CPTEC; (2) perigo de inundação com base na topografia, características de magnitude e densidade de drenagem; (3) Os danos econômicos e infraestruturais observados pelos veículos de mídia, CPTEC e população ribeirinha; (4) percepção climática da população ribeirinha através de entrevistas semi-abertas. Observou-se que o evento climático extremo está relacionado à presença de um cavado associado às Ondas de Leste que convergiram com um VCAN, acarretando em substancial acréscimo na precipitação pluvial. O fato isolado não explica o desastre ocorrido. Verificou-se que a área da bacia do rio Goiana onde o município se insere possui um perigo de inundação que varia de alto a muito alto. A população local acredita que atividades antrópicas contribuem para o aumento das inundações. Conclui-se que a associação do acréscimo da precipitação pluvial, a localização geográfica do município em relação ao contexto da bacia e as intervenções antrópicas acarretaram na inundação.

Palavras-chave: Análise climática; Perigo de inundações; Percepção Ambiental.

CLIMATIC DYNAMICS ANALYSIS RELATED TO POTENTIAL FLOOD AREAS AS FACTORS FLOOD CONDITIONING FACTORS PLACED IN JULY 2011 AT THE RIVER BASIN GOIANA, PERNAMBUCO STATE

ABSTRACT

This paper aims to discuss the climatic event occurred on July 2011, combined to the flood hazard of Goiana river watershed, Zone North Forest of Pernambuco and to verify impacts to local social and economic spheres. It investigated (1) genesis, maturation and dissipation of active meteorological systems during the climatic event through information provided by CPTEC; (2) flood hazard based on topography, magnitude and

Recebido em 17/04/2014
Aprovado para publicação em 09/08/2015

drainage density characteristics; (3) economic and infrastructure damage observed by news media, CPTEC and local population; (4) climate perception of local population through semi-open interviews. It was observed that the extreme climatic event is related to the presence of a Trough associated to the disturbance in the easterlies which converge to the Upper Tropospheric Cyclonic Vortex, resulting in a considerable increase in rainfall. This does not explain autonomously the disaster occurred. It was found that the area of the Goiana river watershed in which the municipality is placed has a flood hazard from high to very high. Local people believe that human activities contribute to increase flooding. We conclude that the association of the rainfall increase, the geographical location of the municipality in relation to the watershed context and human interventions resulted in flooding.

Keywords: Climate analysis; Flooding hazard; Environmental perception.

INTRODUÇÃO

Com a evolução dos estudos climatológicos foram registrados progressos notáveis relativos à análise da dinâmica dos processos atmosféricos, e foi observada a necessidade do tratamento de fenômenos que ocorrem de forma eventual ou episódica, pois se evidenciou que estes são os que causam maior impacto as atividades humanas, em geral (MENDONÇA e DANI-OLIVEIRA, 2007).

Segundo Spinoza (2005), na atmosfera tropical, caracterizada por muita umidade e intensa atividade convectiva, são observados fenômenos meteorológicos em várias escalas espaciais e temporais, desde a convecção cúmulos até a oscilação quase-bienal. As pesquisas destes fenômenos no passado foram bastante limitadas pela escassez e baixa frequência das observações meteorológicas nos trópicos. Felizmente os centros meteorológicos vêm ao longo dos últimos 10 a 15 anos, gerando análises globais, o que tem possibilitado melhorar o entendimento de vários aspectos da atmosfera tropical.

Em várias regiões da faixa tropical tem sido observada a presença de um fenômeno de tempo caracterizado por distúrbios nos ventos de leste, que vem sendo estudado há mais de quarenta anos. Estes distúrbios foram chamados de ondas de leste e ocorrem no Pacífico leste e oeste, no Atlântico Norte e na faixa tropical perto da África (SPINOZA, 2005). Para Silvestre (1996) na Região Nordeste do Brasil os períodos de máximas precipitações ocorreram quando foram detectados distúrbios deslocando-se de leste para oeste. Oliveira *et al.* (2010) descreve as Ondas de Leste como distúrbios que ocorrem na região equatorial e que recebem este nome por terem deslocamento de leste para oeste.

Além das Ondas de Leste, outro sistema que atua no Nordeste brasileiro são os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) que penetram na região Nordeste do Brasil e se formam no Oceano Atlântico, principalmente entre os meses de novembro e março, e sua trajetória normalmente é de leste para oeste, com maior frequência entre os meses de janeiro e fevereiro, conforme demonstrado por Gan e Kousky (1982). O tempo de vida desses sistemas varia em média, entre 7 a 10 dias (FERREIRA e MELO, 2005). Dean (1971) e Aragão (1975) foram os pioneiros em estudos observacionais sobre VCANs no Atlântico Sul tropical, mostrando que as chuvas excessivas no Nordeste do Brasil e suas vizinhanças podem estar relacionadas aos VCANs. Gan e Kousky (1986) observaram que o VCAN ao penetrar no Brasil produz tempo bom na região sul e central do Nordeste e chuvas no setor norte do Nordeste.

Na faixa que compreende o Litoral e a Zona da Mata pernambucana, observa-se que entre os meses de março e agosto, que compreendem o período das típicas chuvas de outono-inverno, são sempre esperados pela população notícias com desastres que ocorrem devido à alta intensidade pluviométrica aliada às alterações antrópicas no ambiente, que culminam com muitas perdas humanas e econômicas, privadas e governamentais.

Um dos desastres que mais vem atingindo a Zona da Mata Norte de Pernambuco, são as enchentes, o que demonstra que esta área possui um risco ambiental para inundações. As ocorrências destes eventos geralmente estão relacionadas a condicionantes ambientais e

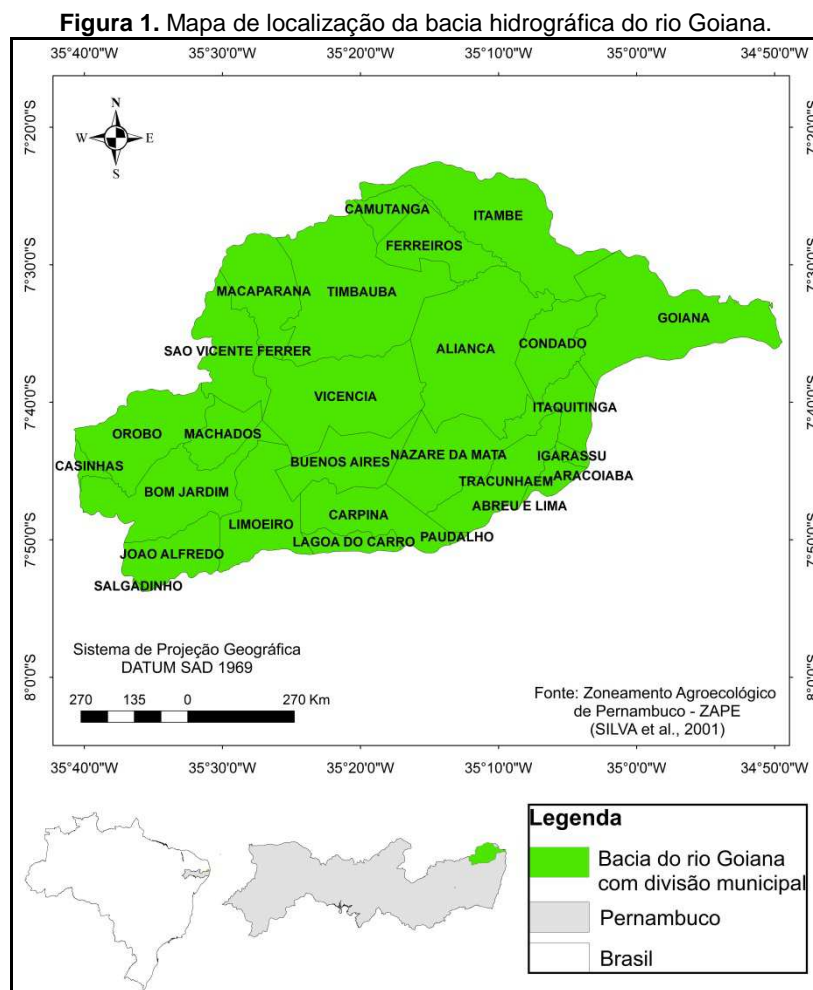
antrópicos. Segundo Souza (2004), os fatores naturais são: os climático-meteorológicos, geológicos, geomorfológicos da bacia de drenagem e fluvi-hidrológicos. Os fatores antrópicos são os que resultam das ações humanas diretas ou indiretas na bacia de drenagem.

Tomando por base tais preceitos, investigou-se o evento ocorrido entre 15 e 17 de maio de 2011, quando ocorreu um episódio pluvial com acumulados bastante significativos no litoral leste do Nordeste, atingindo cidades do Litoral e Agreste de Pernambuco. Os municípios mais atingidos foram Recife-PE, Olinda-PE e Goiana-PE, causando prejuízos, sendo o município de Goiana no litoral norte o mais prejudicado com perdas humanas e econômicas (SOUZA, 2011).

Sendo assim o objetivo deste trabalho é discutir o evento climático extremo ocorrido nos dias 15, 16 e 17 de julho de 2011, associado ao perigo de inundação da bacia hidrográfica do rio Goiana, para assim verificar os reflexos destas ocorrências para as esferas socioeconômicas da Zona da Mata Norte do Estado de Pernambuco.

ÁREA DE ESTUDO

A bacia do rio Goiana tem uma área total de cerca de 286.300 ha, 23% dos quais localizados no Agreste e 77% no Litoral e na Zona da Mata, estando totalmente inserida em território pernambucano. A bacia do rio Goiana ocupa parte dos municípios de Goiana, Itaquitinga, Araçoiaba, Igarassu, Abreu e Lima, Aliança, Bom Jardim, Buenos Aires, Camutanga, Carpina, Casinhas, Condado, Ferreiros, Itambé, João Alfredo, Lagoa do Carro, Limoeiro, Macaparana, Machados, Nazaré da Mata, Orobó, Paudalho, Salgadinho, São Vicente Férrer, Timbaúba, Tracunhaém e Vicência (Figura 1).



A área de estudo possui relevo cujas menores altitudes correspondem à planície costeira e o vale do rio. Enquanto que na sua porção central, observa-se a presença da superfície formada por tabuleiros e chãs, assentadas, respectivamente, nos terrenos sedimentares e nas áreas do cristalino. Na porção noroeste, na região que serve de limite com o Estado da Paraíba, são encontradas as maiores altitudes com cotas altimétricas que alcançam até 700m, localizadas mais precisamente no espaço territorial dos municípios de Macaparana e São Vicente Férrer (CONDEPE/FIDEM, 2005).

O clima desta área é considerado intermediário entre as áreas de clima úmido (Zona da Mata) e de clima seco (Sertão), apresentando características ora de uma, ora de outra. Nas áreas mais próximas ao Sertão (trechos superior e médio curso) o clima é quente e seco, e o período mais chuvoso vai de fevereiro a junho (chuvas de verão/outono); no trecho sub-médio (mais próximo da Zona da Mata), a estação chuvosa se estende de março a julho (chuvas de outono/inverno) apresentando precipitação média anual de 1.634,2 mm, representada pelo principal município da bacia, Goiana (CONDEPE/FIDEM, 2005).

A vegetação predominante é composta pelas espécies perenifólias. Sendo que na região central, onde há uma diminuição das taxas pluviométricas, a vegetação torna-se menos densa, apresentando espécies caducifólias com maior frequência. Os solos são representados pelos Latossolos, Argissolos, Espodossolos, Gleissolos, Luvissolos e Neossolos Flúvicos (CPRM, 2005).

DESCRIÇÃO DAS FORTES CHUVAS NA REGIÃO DA ZONA DA MATA NORTE DE PERNAMBUCO

No sentido de compreender melhor esse evento de chuva extrema sob a ótica dos sistemas meteorológicos que atuaram e contribuíram para a sua ocorrência, foi realizada uma descrição: uma gênese dos sistemas meteorológicos que atuaram para provocar esse evento; da maturação desses sistemas no decorrer das fortes chuvas no período de 15 a 17 de julho de 2011, até sua dissipação. A metodologia para o desenvolvimento dessa descrição foi embasada nos trabalhos de Alves *et al.* (2011), Rosa *et al.* (2011) Eichholz *et al.* (2011) e Souza (2011).

O levantamento das informações referentes à ocorrência das enchentes na Zona da Mata Norte do estado de Pernambuco foi realizado a partir de informações disponibilizadas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC-INPE), como: casos significativos do mês, boletim técnico, análise de eventos extremos e síntese sinótica mensal. Para a descrição foram utilizadas também imagens de satélite GOES-12 e cartas do período do evento, ambas adquiridas no endereço eletrônico do CPTEC-INPE.

Foram levantados dados diários de pluviosidade no mês de julho de 2011 do município de Goiana, estes disponibilizados no Sistema Nacional de Dados Ambientais (SINDA) pelo CPTEC-INPE e pelo Centro Regional do Nordeste (CRN).

INVESTIGAÇÃO DO PERIGO DE INUNDAÇÃO PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GOIANA

Na análise do perigo de inundação da bacia do rio Goiana foi utilizado o conceito de perigo natural e risco indicado por Castro (2000) e Cardinalli (2002) onde:

- Perigo diz respeito às condições naturais de uma área potencialmente sujeita a eventos.
- Risco é definido como produto do perigo e da vulnerabilidade a eventos naturais, sendo envolvidos os agentes socioeconômicos em susceptibilidade.

Assim, o perigo representa o potencial de ocorrência de um evento com origem na natureza ou antrópica enquanto que o risco as vulnerabilidades associadas à ocorrência do perigo.

Para a realização da estimativa do perigo de inundação da bacia do rio Goiana, foi utilizada a metodologia de Alves *et al.* (2012), que utilizou um modelo conceitual simples, que representasse a vulnerabilidade à inundação, que foi construído a partir de álgebra de mapas e modelagem numérica do terreno.

Segundo Alves *et al.* (2012) áreas com fortes declives possuem maior probabilidade de inundação rápida do que áreas mais planas; Canais com maior número de contribuintes (magnitude Shreve) possuem maior potencial de inundação; Canais muito próximos possuem maior possibilidade de potencializar os efeitos de suas inundações particulares. Assim, áreas com maior densidade de canais por km² são mais susceptíveis a inundações de maiores proporções.

Sendo assim foi necessário utilizar o banco de dados do ZAPE- Zoneamento Agroecológico de Pernambuco (Silva *et al.*, 2001) para a confecção da área de delimitação da bacia no *software* ArcGis 9.3 (Disponibilizado pelo Grupo de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento – SERGEO – DCG - UFPE).

Foram utilizados os dados Topodata (VALERIANO, 2008), para realizar a extração do sistema de drenagem da área, utilizando o pacote de ferramentas “*Hidrology*” e “*Conditional*” do ArcGis 9.3, foi extraída a rede de drenagem com valor de fluxo acumulado superior a 100 células, produzindo uma malha de canais bastante densa, refletindo assim as áreas mais susceptíveis de ocorrência de fluxo canalizado (TARBOTON *et al.*, 1991).

A partir disso foi gerado um arquivo com a magnitude (Shreve) da rede de drenagem, onde segundo Alves *et al.* (2012) a magnitude de um canal é definida pelo número de contribuintes que estão a montante. Este arquivo foi submetido a um estimador de densidade Kernel, que superestima valores de densidade quanto maior for a proximidade entre os canais, representando o fato de que o transbordamento de canais próximos podem ocupar áreas mais rápido do que canais que estejam mais distantes (SILVERMAN, 1986).

O arquivo de drenagem comum também foi submetido a um estimador de densidade linhas que, ao contrário do estimador Kernel, não superestima valores de densidade com base na proximidade entre os canais.

No mesmo *software* foi elaborada a declividade da área em porcentagem através das ferramentas “*Surface*” e “*Slop*”. A declividade foi classificada em seis classes, seguindo a metodologia da Embrapa para avaliação de terras descrita em Lemos e Santos (1996).

Seguindo a metodologia de Alves *et al.* (2012) os dois arquivos de densidade foram classificados em cinco classes. Os arquivos de densidade de drenagem e o de declividade foram reclassificados utilizando a ferramenta “*Reclassify*” do ArcGis 9.3. Os valores da declividade foram reclassificados em seis classes, onde o valor 6 é atribuído para a declividade mais baixa e o valor 1 para a declividade mais alta.

Os valores Kernel-Shreve foram agrupados em 5 classes mas, uma vez que os valores mais baixos abrangiam uma grande área, mas apresentavam magnitude muito baixa, e conseqüentemente um baixo perigo de inundação, foram classificados com valor 0 (zero). Assim, os valores Kernel-Shreve foram reclassificados da menor magnitude (0) para a maior magnitude (4). Os valores de densidade de drenagem foram agrupados em 5 classes. Onde os valores de maior densidade receberam o valor 5 e os valores de menor densidade receberam o valor 1. Eles representam o fato de que canais mais próximos possam gerar uma área de inundação com mais eficiência que canais mais distantes entre si.

Os três arquivos resultantes da reclassificação foram submetidos a uma álgebra de mapas com a utilização do conjunto de ferramentas “*math*” do ArcGis 9.3. Seguindo todas as etapas descritas foi gerado um cenário de perigo de inundação com base nas relações entre a topografia e as características de magnitude e densidade da rede de drenagem, com cinco classes de perigo (1- muito baixo, 2- baixo, 3- médio, 4 - alto e 5- muito alto).

INVESTIGAÇÃO DOS REFLEXOS DAS CHUVAS PARA O SETOR SOCIOECONÔMICO DE GOIANA

A descrição da inundação que houve no baixo curso do rio Goiana, no trecho em que é cruzada pela BR-101 no município homônimo, demanda uma compreensão de contextos diversos, uma vez que o evento extremo de chuva isoladamente não explica a catástrofe ocorrida nessa região do estado de Pernambuco. Neste sentido, foram coletados dados que contextualizassem o evento da inundação, através de notícias da mídia eletrônica como

também da percepção ambiental, principalmente climática, dos residentes na região desse trecho do rio que causou maiores danos à população.

Para a pesquisa dos danos econômicos e infraestruturais, foram observadas notícias nos veículos de mídia socialmente reconhecidos como o Jornal do Comércio e o Diário de Pernambuco, como também os boletins dos eventos extremos registrado pelo CPTEC-INPE.

Já a pesquisa da percepção ambiental da população foi realizada através de entrevistas semi-estruturadas. Para identificar entrevistados foi utilizada a metodologia conhecida como Bola de Neve (ALBUQUERQUE *et al.*, 2008) na qual se solicita a cada um dos entrevistados que indique outros com as características pré-estabelecidas para a pesquisa. Neste caso, aqueles que tenham sofrido prejuízos com a enchente. As entrevistas se encerraram quando as sugestões de novos informantes se esgotaram, o que garantiu uma abrangência efetiva do espaço amostral. Simultaneamente às entrevistas foi realizada a observação assistemática dos participantes e dos assentamentos, na qual o pesquisador procura perceber e registrar fatos da realidade do universo em que está inserido para realizar a pesquisa (BONI e QUARESMA, 2005). Os dados coletados foram processados no programa SPSS 17, a partir do qual foi possível gerar os dados de frequência das respostas e os gráficos ilustrativos a elas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS METEOROLÓGICOS ATUANTES NOS EVENTOS EXTREMOS DE CHUVA

Entre os meses de abril a julho, período correspondente ao outono-inverno do Hemisfério Sul (HS), a porção leste do Nordeste apresenta seus quatro meses mais chuvosos do ano. (MOLION e BERNARDO, 2002). O evento de chuva ocorrido em julho de 2011 para a região nordeste do estado de Pernambuco, contudo, foi provocado por algum distúrbio que provocou alteração no regime normal de chuvas esperado para o período. De acordo com o relatório dos casos significativos do mês de julho de 2011 expedido pelo CPTEC, o fenômeno verificado para as regiões do Litoral e Zona da Mata dos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, da Paraíba e de Pernambuco foi causado por um distúrbio no escoamento de leste e correspondeu a uma chuva intensa, refletindo em alagamentos e óbitos (CPTEC-INPE, 2011).

De acordo com Kayano e Andreoli (2009) a propagação de aglomerados de nuvens para oeste e pelos remanescentes de Sistemas Frontais (SFs) justificam a máxima precipitação mensal de maio-julho para o setor leste do Nordeste Brasileiro (NEB). Tal afirmação pode servir de base para explicar o evento extremo de chuva ocorrido na área de estudo, uma vez que essa variação positiva extrema da precipitação indica estar associada a presença das Ondas de Leste (OL) e de vórtices nos níveis superiores (VCANs)

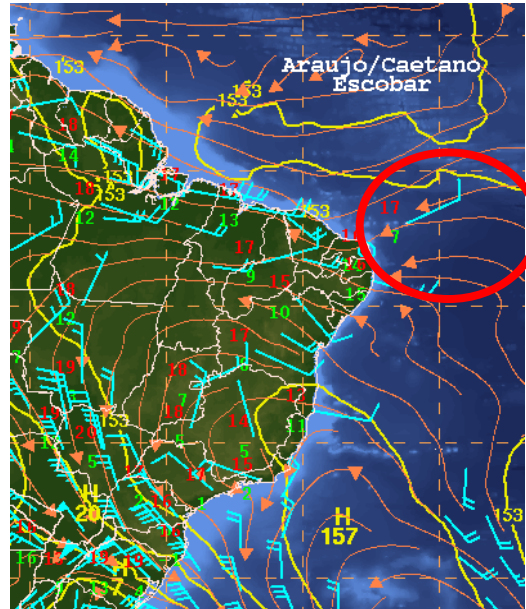
A propagação dos aglomerados de nuvens para oeste corresponde, de acordo com Yamazaki e Rao (1977, *apud* KAYANO e ANDREOLI, 2009), a uma manifestação de Ondas de Leste. Oliveira e colaboradores (2009) afirmam que as OL, no Hemisfério Sul são caracterizadas sinoticamente por um cavado sobre o Oceano Atlântico que se desloca para a costa do Nordeste brasileiro, ocasionando mudança na direção do vento meridional. De acordo com a Análise Sinótica em 850 hPa do dia 16/07/2011, havia uma convergência de massa e umidade para a porção norte e leste no Nordeste, a qual pode ser relacionada ao cavado atribuído às OL (Figura 2). A presença do cavado favoreceu a convergência da massa e umidade do oceano para a costa do Nordeste, favorecendo à instabilidade nessa região.

Diversos trabalhos afirmam a forte influência de modulação do distúrbio das Ondas de Leste para a ocorrência das chuvas de outono-inverno na porção leste do Nordeste (SILVESTRE, 1996; MOLION e BERNARDO, 2002; KAYANO e ANDREOLI, 2009), contudo para que houvesse esse evento de chuva extremo outro sistema atmosférico contribuiu: Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) que estavam estacionados sobre o continente próximo a latitude 14°S e longitude 46°W, de acordo com Araújo (2011).

De uma forma geral o VCAN é um sistema meteorológico que, quando se origina nos trópicos inicia seu processo sobre o Oceano Atlântico entre a faixa de 20°/45°W e 0°/28°S e, à medida que o vórtice se move para a costa brasileira, o tempo na porção sudeste e central do Nordeste melhora e a porção norte dessa região enfrenta forte atividade convectiva com chuvas e, em

alguns casos, inundações (KOUSKY e GAN, 1981). O fato de a porção sudeste e central do Nordeste Brasileiro permanecer com o tempo estável e a porção norte como também leste enfrentar precipitações positivas é explicado pela característica desse Sistema. De acordo com Ferreira *et al.* esse sistema apresenta “um centro relativamente frio, convergência de massa, movimentos verticais subsidentes no seu centro e ascendente na periferia, e nebulosidade mais intensa principalmente na direção de seu deslocamento” (FERREIRA *et al.*, 2009, p. 43).

Figura 2. Carta Sinótica no nível de 850 hPA do dia 16/07/2011 às 00Z mostrando o cavado.



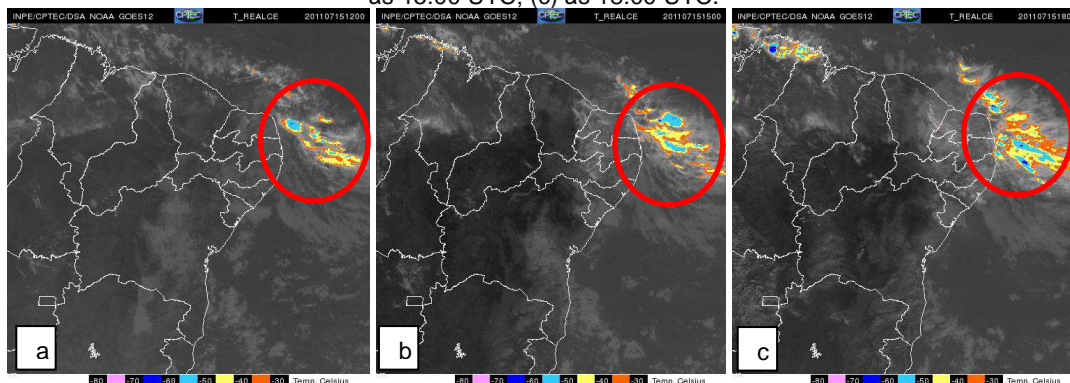
Fonte: CPTEC, 2011.

O encontro desses dois sistemas atmosféricos somado ao cavado atribuído às Ondas de Leste indica ser a principal causa da variação extrema positiva da precipitação para o setor nordeste de Pernambuco.

GÊNESE, MATUREZAÇÃO E DISSIPAÇÃO DO EVENTO EXTREMO

As primeiras células convectivas que atingiram a costa do Nordeste do Brasil tiveram início às 15:00 UTC do dia 15/07, com temperaturas de topos entre -50 e -60°C próximas ao litoral do Rio Grande do Norte (Figura 3 – a). Posteriormente (15:00 UTC) essa célula convectiva se adensa, aumentando a nebulosidade (Figura 3 – b) culminando (às 18:00 UTC) na formação de nuvens com temperaturas elevadas (entre -60 e -70°C, azul escuro) no litoral leste pernambucano (Figura 3 – c).

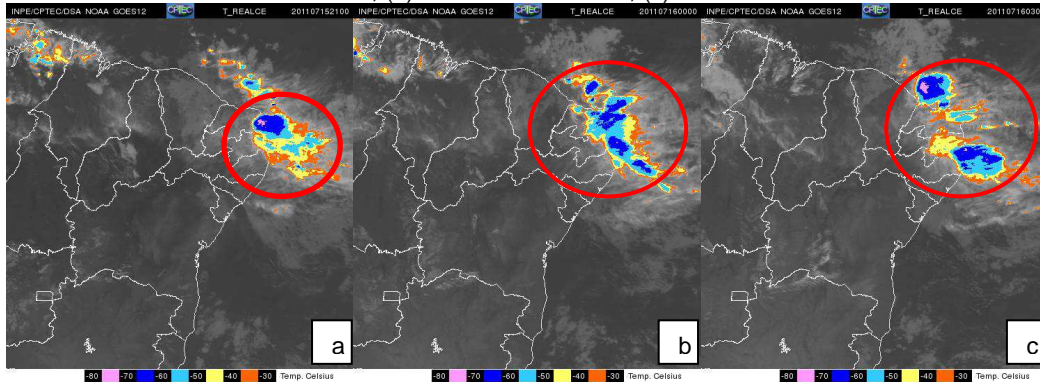
Figura 3. Ilustração da gênese do evento extremo ocorrido no nordeste de Pernambuco a partir de imagens do satélite GOES – 12 realçada do dia 15/07/2011 do canal infravermelho. (a) às 12:00 UTC; (b) às 15:00 UTC; (c) às 18:00 UTC.



Fonte: CPTEC, 2011.

Seu estágio maduro foi atingido às 21:00 UTC do dia 15/07 (Figura 4 – a) quando observa-se um aumento da nebulosidade na porção do litoral do Rio Grande do Norte. Às 00:00 UTC do dia 16/07 essa célula tem seu desenvolvimento significativo na vertical separado para duas regiões: a porção leste do Rio Grande do Norte e a porção sudeste da Paraíba e nordeste de Pernambuco (Figura 4 – b). Por fim, às 03:00 UTC desse dia elementos de convecção intensa se formam na costa norte no Nordeste entre o Ceará e o Rio Grande do Norte e outra célula estaciona sobre o nordeste de Pernambuco (Figura 4 – c), onde pode ser observada um topos variando entre - 60°C e - 80 °C (azul escuro a rosa).

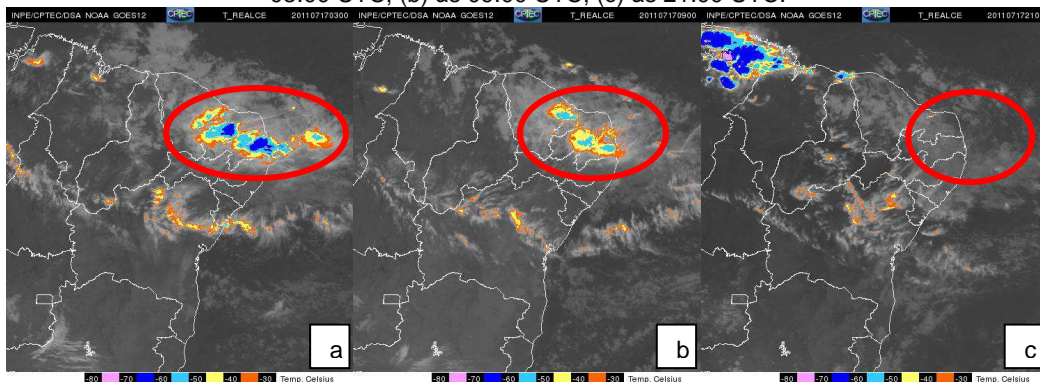
Figura 4. Ilustração da maturação do evento extremo ocorrido na porção nordeste de Pernambuco a partir de imagens do satélite GOES – 12 realçada dos dias 15 e 16/07/2011 do canal infravermelho. (a) 15/07 às 21:00 UTC; (b) 16/07 às 00:00 UTC; (c) 16/07 às 03:00 UTC.



Fonte: CPTEC, 2011.

O estágio de dissipação desse sistema inicia às 03:00 UTC do dia 17/07, quando a célula convectiva se desloca em direção a porção norte do Nordeste. Esse momento corresponde à máxima precipitação registrada para o período (477,75 mm), de acordo com dados de precipitação do INMET e pode ser verificada a nebulosidade mais desenvolvida com nuvens mais frias estacionadas na região de Goiana (Figura 5 – a). A nebulosidade com nuvens mais frias começa a se reduzir a partir das 09:00 UTC mantendo seu deslocamento para o norte do Nordeste (Figura 5 – b). Por fim, os elementos de intensa convecção deixam de se desenvolver nessa região com sua completa dissipação da porção norte e leste do Nordeste (Figura 5 – c).

Figura 5. Ilustração da dissipação do evento extremo ocorrido na porção nordeste de Pernambuco a partir de imagens do satélite GOES – 12 realçada dos dias 17/07/2011 do canal infravermelho. (a) às 03:00 UTC; (b) às 09:00 UTC; (c) às 21:00 UTC.



Fonte: CPTEC, 2011.

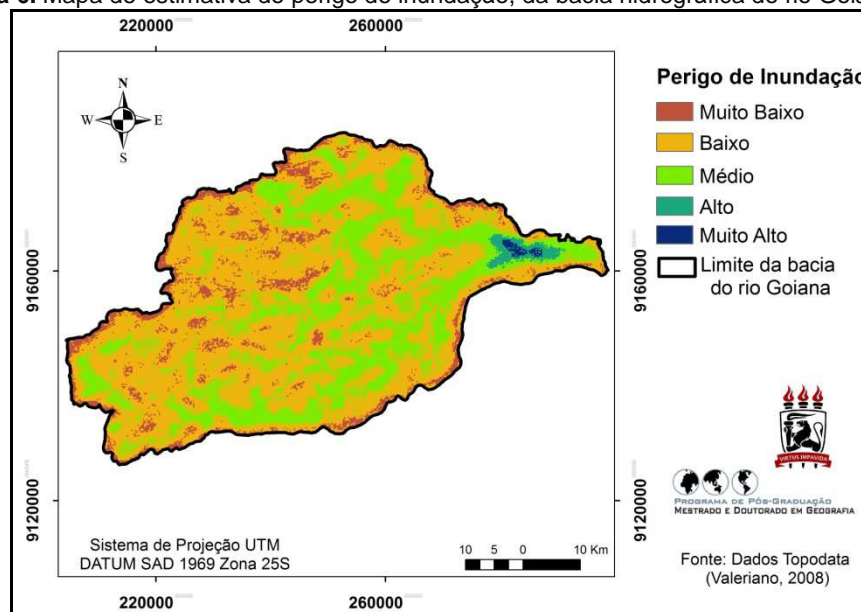
REFLEXO DO RISCO SOCIOAMBIENTAL PROVOCADO PELO EVENTO EXTREMO

Estudo do perigo de inundação para a bacia do rio Goiana

Com a elaboração do mapeamento de estimativa de perigo a inundação da bacia do rio Goiana – PE, foi possível visualizar a distribuição espacial destes, e verificou-se a predominância de ocorrência de baixo nível de perigo (Figura 6).

Os dados revelam que, 9,65% da área possuem um nível muito baixo de perigo a inundação, enquanto que em 59,75 da área é verificado um nível baixo, estes níveis estão associados às áreas que possuem maior declividade e menor magnitude e densidade dos canais (Figura 6 e Tabela 1). Em 29,2% da área foi verificado um nível médio de perigo de inundação, sendo assim, os aspectos naturais destas áreas corroboram para uma maior facilidade de ocorrência de enchentes.

Figura 6. Mapa de estimativa do perigo de inundação, da bacia hidrográfica do rio Goiana, PE.



Fonte: CPTEC, 2011.

Em 1,1% e 0,3 % da área de estudo foram observados os níveis de perigo de inundação alto e muito alto, respectivamente, sendo que estas áreas estão inseridas predominantemente no domínio espacial do baixo curso do rio Goiana, onde se localiza a porção setentrional do município de Goiana, sendo assim este município apresenta o maior perigo de ocorrência destes eventos, o que pode vir a colocar seus elementos e atividades antrópicos e naturais em alto risco (Figura 6 e Tabela 1).

Tabela 1. Distribuição espacial do nível do perigo à inundação da bacia do rio Goiana, PE.

Risco	Nível do perigo de inundação	Área (%)
1	Muito Baixo	9,65
2	Baixo	59,75
3	Médio	29,2
4	Alto	1,1
5	Muito Alto	0,3

Danos econômicos e infraestruturais ocasionados com o evento

O evento climático dos dias 15, 16 e 17 de julho de 2011, obteve uma grande cobertura dos órgãos de estudos climáticos como CPTEC - INPE, e dos veículos de mídia eletrônica, escrita e televisiva, devido a proporção do desastre ocorrido.

Na área da bacia do rio Goiana, que está dentro do limite municipal de Goiana foi possível a verificação *in loco* no dia 17/07/2011, dos prejuízos socioeconômicos causados, e foram registradas muitas casas sendo completamente cobertas pela água e a obstrução de parte da BR-101 Norte na área do município, devido ao aumento do nível da água (Figura 7).

Segundo dados divulgados pelo boletim de análise de eventos extremos do CPTEC elaborado por Souza (2011):

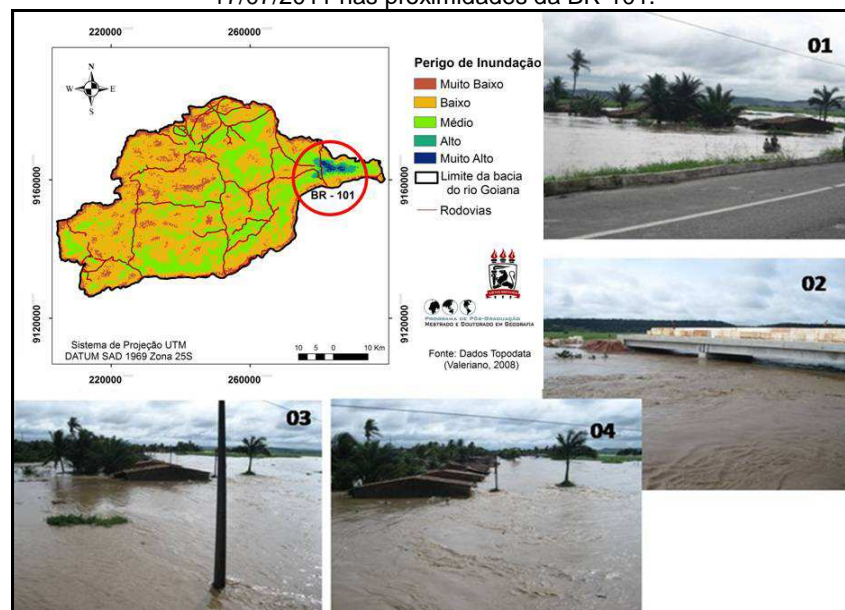
A quantidade de chuva registrada no período foi de intermitente a contínua na região, que provocou muitos alagamentos e transbordamentos de rios e deslizamento de encosta, vindo a provocar vítimas fatais, num total de 11 pessoas entre a Paraíba e Pernambuco. No litoral norte de Pernambuco o município de Goiana foi o mais castigado com a enchente que deixou mais de 200 casas submersas e 4.000 pessoas desabrigadas.

O jornal Diário de Pernambuco através de seu veículo de informação eletrônico noticiou o seguinte no dia 17/07/2011:

Uma ponte que fica no quilômetro 6,8 da BR-101 no município de Goiana, na Zona da Mata de Pernambuco, está parcialmente interditada. Segundo as informações da Polícia Rodoviária Federal (PRF), o Rio Goiana está com o nível muito alto, por conta das fortes chuvas, e já está passando por cima da ponte.

Através das informações emitidas pelos serviços de pesquisa climática e dos veículos de mídia, se observou que os transtornos causados pelos eventos climáticos estudados foram de elevada magnitude, e como demonstra a Figura 7, o município de Goiana foi um dos maiores prejudicados em termos de prejuízos socioeconômicos.

Figura 7. Mapa de estimativa do perigo de inundação da bacia do rio Goiana – PE, com a indicação da área que apresenta o maior perigo, nas proximidades da BR – 101 Norte, no município de Goiana. Fotos (01, 02, 03 e 04) da área indicada no mapa, demonstrando os prejuízos causados pelas enchentes do dia 17/07/2011 nas proximidades da BR-101.



No estudo do perigo de inundação da bacia do rio Goiana, se pode perceber a elevada vulnerabilidade natural deste, possuindo níveis de perigo alto e muito alto, por se encontrar no baixo curso do rio. Souza (2011) vai afirmar que as características geográficas da região mais atingida com o evento climático, que se localiza numa área de várzea, como no caso de Goiana, contribuiram para que o escoamento da água da chuva transbordasse o rio que “corta” o município.

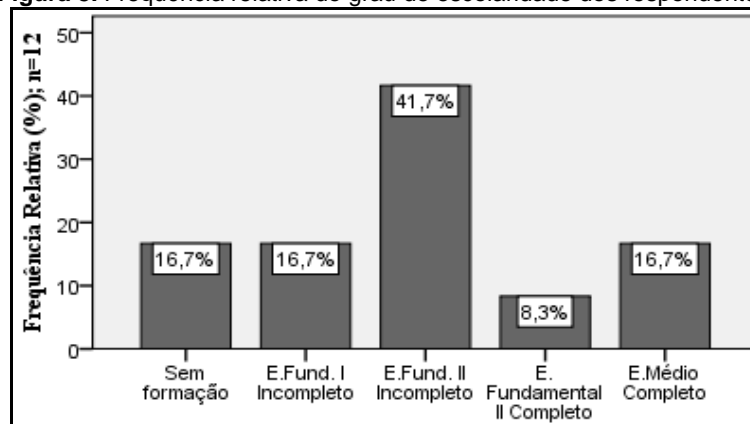
Percepção climática da comunidade ribeirinha em relação ao evento

O trabalho de campo foi realizado no mês de junho de 2012, com moradores da Rua Vereador Eulálio Ribeiro dos Santos, localmente conhecida como Baldo do Rio, e da Rua da Impueira, ambas situadas na planície de inundação do afluente do rio Goiana, no trecho em que este corta a BR 101. Tendo em vista o objetivo de investigar a percepção do evento extremo por

indivíduos que o vivenciaram, foram escolhidos moradores que tivessem sofrido os maiores prejuízos com a enchente. Neste sentido, e seguindo a metodologia da bola de neve, foram entrevistados 12 sujeitos, entendendo que esse número abrange o espaço amostral de sujeitos para a pesquisa.

O primeiro momento da entrevista ocorreu de forma que se pudesse ter uma noção do perfil social desses indivíduos. Destarte, 75% são do gênero feminino e 25% do masculino. Procurou-se optar por respondentes que vivessem há mais tempo na região, refletindo em uma maior frequência de respondentes na faixa etária dos 35 – 54 anos (58,3%), seguida daqueles com idade superior a 55 anos (25%) e inferior a 34 (16,7%). Foi investigado ainda o grau de escolaridade dos respondentes, a partir do qual pode-se observar que quase a metade possui o Ensino Fundamental II incompleto (41,7%) e a frequência daqueles que não possuem formação escolar é igual àqueles com o Ensino Fundamental I incompleto e o Ensino Médio Completo (16,7%). Apenas 8,3% dos respondentes possuem o Ensino Fundamental II completo (Figura 8).

Figura 8. Frequência relativa do grau de escolaridade dos respondentes.



A seleção no mercado de trabalho demonstra ser fortemente influenciada pelo grau de escolaridade (IPEA, 2008), ou seja, conseguir emprego com uma remuneração razoável que garanta o sustento da família e ofereça carteira assinada tem exigido do trabalhador um nível mínimo de escolaridade. Essa informação serve como base para a justificativa atribuída pelos respondentes para continuarem residindo no local mesmo quando perderam todos os bens materiais com a enchente de 2011. Quase todos eles (83%) responderam que voltaram a morar lá, pois:

Se eu tivesse algo diferente em minha vida eu viveria aqui? Para eu estar destruindo; adquirindo hoje e se acabando amanhã? [...] a minoria não voltaram porque tem trabalho próprio, aí pode pagar um aluguel, uma moradia e não voltaram. Mesmo que o governo deu R\$ 150,00 reais para um auxílio... onde é que se mora com R\$150,00? (M.G. da S., feminino, faixa etária 35 – 54 anos, tempo de moradia maior que 40 anos).

Como pôde ser observado no discurso acima, o retorno das famílias a área de risco não se trata de um comodismo desses sujeitos, mas sim de uma necessidade, uma vez que essa região tem passado por uma crescente valorização do terreno com a instalação da Empresa Brasileira de Hemoderivados e Biotecnologia (Hemobrás) e a da fábrica da Fiat, fazendo com que o valor dos imóveis nessa região tenha seu preço elevado. Contando com o baixo poder aquisitivo dessa população e somado ao auxílio moradia do Governo Federal (R\$150,00), o qual não abrange sequer metade da população atingida, essas pessoas ficam sem escolha e retornam às suas casas ou o que restou delas. Alguns dos entrevistados (33%) são pescadores organizados em uma Colônia denominada Z14, que dependem diretamente dos recursos do rio para o seu sustento e retirá-los dali para alocar em regiões distantes dessa área significa tirar a base de renda dessas pessoas.

Para compreender a relação dessa comunidade com o canal do rio Goiana, foi perguntado o que eles achavam que havia causado a enchente. A totalidade dos respondentes (100%) respondeu ser o aterramento que esse trecho tem sofrido ao longo dos anos. A justificativa para esse aterramento, por sua vez foi mais diversa. A maioria atribui à falta de manutenção (80%) e os demais acreditam que o canal está assoreado devido à construção de duas pontes (a ponte da duplicação da BR 101 e a ponte que liga a Rua da Impueira à rua do Baldo do Rio).

Os respondentes acreditam que, caso seja feita a dragagem dos sedimentos do rio, as enchentes serão reduzidas. No relato dos entrevistados foi percebido que eles convivem com as enchentes anualmente. Contudo, elas são em menos proporção e eles precisam apenas suspender os móveis. No caso dessa enchente, uma vez que eles esperavam que o nível da água deveria baixar, todos relataram que somente suspenderam os móveis, como de costume, e saíram das casas. Mas por volta do meio dia do dia 17, perceberam que o nível da água não havia baixado e a correnteza estava muito forte, impossibilitando-os de voltar à residência para tentar salvar algum móvel, eletrodoméstico ou documento. Aqueles que puderam foram para casa de parentes, ou ficaram no barco (no caso dos pescadores) e os que não tiveram condições foram para a escola, que só teve seus portões abertos quando a situação já estava calamitante.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O evento climático extremo ocorrido nos dias 15, 16 e 17 de julho de 2011 na Zona da Mata Norte de Pernambuco, está associado à presença de um cavado associado às Ondas Leste que entrou em convergência com um VCAN atuante no interior do Nordeste.

O evento climático contribuiu para um acréscimo considerável no quantitativo de precipitação pluvial, entretanto, não explica de forma autônoma o desastre ocorrido.

A bacia do rio Goiana possui predominantemente um baixo nível de perigo de inundação.

A área do município de Goiana, incluída no baixo curso da do rio Goiana, possui uma vocação natural para a ocorrência de enchentes, possuindo um perigo de inundação que varia de alto a muito alto (de acordo com o mapeamento de estimativa de perigo de inundação), e ao ser associado às alterações antrópicas se tem um aumento do risco de enchentes para a população local.

Isso significa que, na porção investigada da bacia do rio Goiana, o perigo de enchente é constante e, em havendo qualquer alteração antrópica desse ambiente, as enchentes tenderão a atingir proporções de calamidade, como ocorreu no evento estudado.

A população local convive anualmente com eventos de enchentes, mas confirmam que a do dia 17 de julho foi maior que o esperado. Estes acreditam que algumas atividades como: a duplicação da BR-101, construção de estradas de acesso, o acúmulo de lixo no rio e a falta de manutenção da profundidade do canal do rio com dragagens, vêm contribuindo para o aumento de ocorrências de inundações.

O poder público (Municipal, Estadual e Federal), através de seus órgãos de assistência social, não contribui de maneira eficaz para a mudança da realidade da população que sofre recorrentemente com os desastres causados pelas inundações. Além do drama vivido referente às questões habitacionais ligadas aos prejuízos causados com as enchentes, foi verificado um drama social referente ao acesso a educação, o que diminui as suas chances de ascensão social e mudança de realidade.

Fazem-se necessárias atitudes de órgãos dentro das esferas, governamentais, organizações não-governamentais (ONGs) ou privadas, que atuem de forma a contribuir com o desenvolvimento social, econômico e ambiental da área de estudo.

AGRADECIMENTOS

À pessoa de Lucas Costa de Souza Cavalcanti por ter cedido à metodologia para a investigação do perigo de inundação da área e por ter acompanhado na realização do trabalho de campo. À Keyla Manuela Alencar da Silva Alves por ter fornecido informações de fontes para obtenção de dados meteorológicos e ideias para análise dos dados dessa natureza.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, U. P.; LUCENA, R. F. P.; CUNHA, L. V. F. C. (Org.). **Métodos e técnicas na pesquisa etnobotânica**. 2 ed. Recife: Comunigraf. 2008.
- ALVES, K. M. A. S.; CAVALCANTI, L. C. S.; NÓBREGA, R. S. Eventos extremos e risco de inundação: uma análise do comportamento evolutivo dos distúrbios ondulatórios de leste em junho de 2010 sobre a bacia do rio Una - Pernambuco. **Revista GEONORTE**, edição especial 2, v.1, n.5, p.1024-1035, 2012.
- ARAGÃO, J. O. **Um estudo a estrutura das perturbações sinóticas do Nordeste do Brasil**. Dissertação de mestrado em Meteorologia. São José dos Campos: INPE, 1975. (INPE-789-TPT/017).
- ARAUJO, N. **Análise Sinótica do CPTEC para 16/07/2011 em 250 hPA**. 2011. Disponível em: <http://tempo.cptec.inpe.br/bol_tecnico.shtml>. Acesso em: 11 de junho de 2012.
- BONI, V.; QUARESMA, S. Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em ciências sociais. **Em Tese**, v.2, n.3, p.68-80, 2005.
- CARDINALI, M., *et al.* A geomorphological approach to the estimation of landslide hazards and risks in Umbria, Central Italy. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 2, p. 57–72, 2002.
- CASTRO, S. Riesgos y peligros: una visión desde la geografía. **Scripta Nova**, v. 60, [s.p.], 2000.
- CAVALCANTI, I.F.A.; *et al.* (orgs). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 44 – 60, 2009.
- CONDEPE/FIDEM. Agência Estadual de Planejamento e Pesquisa de Pernambuco. **Bacia Hidrográfica do rio Goiana e Sexto grupo de pequenos rios litorâneos - GL 6**. Recife: 2005. 65 p. I. (Série CDU 550.1 (8/3.4)). (Série bacias hidrográficas de Pernambuco, 2).
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Goiana, estado de Pernambuco** / Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Manoel Julio da Trindade G. Galvão, Simeones Neri Pereira, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.
- CPTEC – Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos. **Casos significativos do mês de julho de 2011**. Ago/2011. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/18704>>. Acesso em: 11 de junho de 2012.
- _____. **Chuvas intensas na Paraíba e em Pernambuco**. Jul/2011. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/18533>>. Acesso em: 11 de junho de 2012.
- DEAN, G.A. **Three dimensional wind structure over South America and associated rainfall over Brazil**. São José dos Campos, INPE, 1971 (LAFE-164).
- FERREIRA, N.J.; RAMÍREZ, M.V.; GAN, M.A. Vórtices ciclônicos de altos níveis que atuam na vizinhança do Nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I.F.A., *et al.* **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 43-60.
- FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.1, n. 1, p. 15-28, 2005.
- GAN, M.A.; KOUSKY, V.E. **Um Estudo Observacional sobre as Baixas Frias da Alta Troposfera nas Latitudes Subtropicais do Atlântico Sul e Leste do Brasil**. São José dos Campos: INPE, 1982.
- _____. Vórtices ciclônicos da alta troposfera no oceano Atlântico Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.1, p.19-28, 1986.
- IPEA – Instituto De Pesquisa Econômica Aplicada. **Políticas Sociais: acompanhamento e análise**. 2008. Disponível em:

<http://www.ipea.gov.br/sites/000/2/publicacoes/bpsociais/bps_15/16_completo.pdf>. Acesso em: 26 de junho de 2012.

KAYANO, M.T.; ANDREOLI, R.V. Clima da região Nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. de A. *et al.* (orgs). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 213 – 233.

KOUSKY, V.E.; GAN, M.A. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. **Tellus**, v. 33, p. 538 – 551, 1981.

LEMOS, R.C.; SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. Campinas: Soc. Bras. Ci. Solo, 1996.

MENDONÇA, F.; DANI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: Noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2007.

MOLION, L.C.B.; BERNARDO, S.O. Uma revisão das chuvas no Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, n.1, p. 01 – 10, 2002.

OLIVEIRA, D.F.T.; SILVA, B.L.; DUTRA, E.M.G. Ondas de Leste em 2009. In: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA – CBMET, **Anais...** 2010. Disponível em: <http://www.cbmet2010.com/anais/artigos/81_70552.pdf>. Acesso em: 20 de junho de 2012.

SILVA, F.B.R., et al. **Zoneamento Agroecológico de Pernambuco - ZAPE**. Recife: Embrapa Solos, 2001. (Embrapa Solos. Documentos; no. 35). ZAPE Digital. CD-ROM.

SILVERMAN, B. W. **Density Estimation for Statistics and Data Analysis**. New York: Chapman and Hall, 1986.

SILVESTRE, E. **Distúrbios nos Ventos de Leste no Atlântico Tropical**. São José dos Campos: INPE, 1996.

SOUZA, C. R. G. Risco a inundações, enchentes e alagamentos em regiões costeiras. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, **Anais...**, Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 231- 247.

SOUZA, L. K. **Chuvas intensas em parte de Pernambuco e da Paraíba entre os dias 15 e 17/07/2011: análise sinótica do evento**. Análise de Eventos Extremos. CPTEC/INPE, 2011. 6p. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/18533>>. Acessado em 15 de junho de 2012.

SPINOZA, E. **Distúrbios ondulatórios de leste na região tropical**. CPTEC/INPE, 2005. 4p. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/18.html>>. Acessado em 17 de junho de 2012.

TARBOTON, D.G.; BRAS, R. L.; RODRIGUEZ-ITURBE, I. On the Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data. **Hydrological Processes**, v. 5, p. 81–100, 1991.

VALERIANO, M.M. **Topodata: Guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. São José dos Campos: INPE, 2008. INPE-15318-RPQ/818.